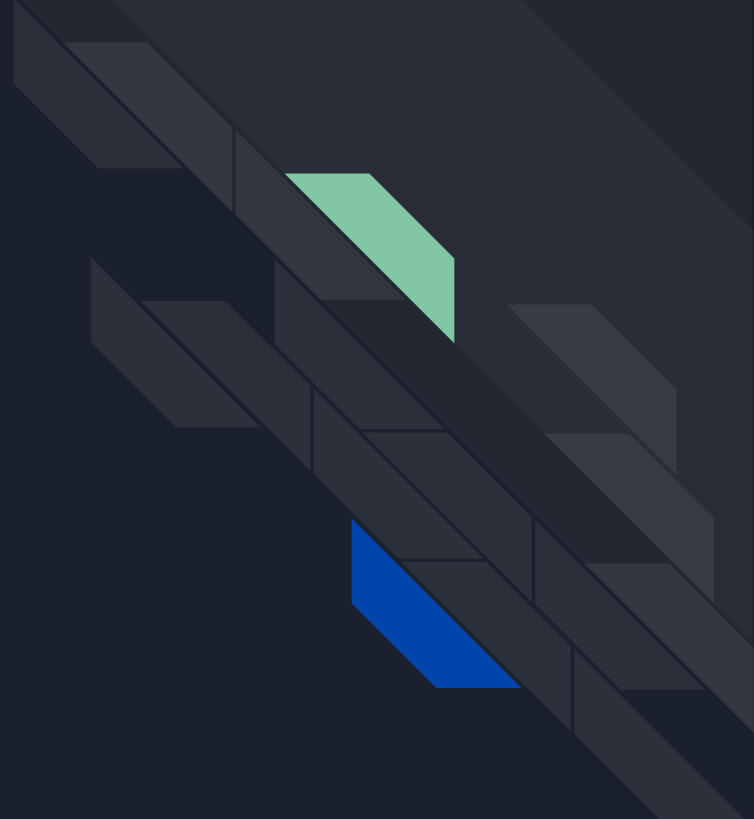


EFEITOS TÉRMICOS E MAGNÉTICOS DE
VÓRTICES MAGNÉTICOS EM NANODISCOS
ESTUDADOS POR SIMULAÇÃO
MICROMAGNÉTICA





Sumário

- Vórtices magnéticos;
- Efeitos de temperatura em um disco;
- Par de discos interagentes;
- Efeito de um campo magnético girante sobre um disco com vórtice;
- Conclusões.

Vórtices magnéticos

- Surgem naturalmente, como configuração de equilíbrio estável de um nanodisco ($r = 120\text{nm}$) de material magnético macio.
- Circulação e polaridade.
- Frequência girotrópica.
- Diversas possíveis aplicações no ramo da tecnologia, como portas lógicas e sensores.

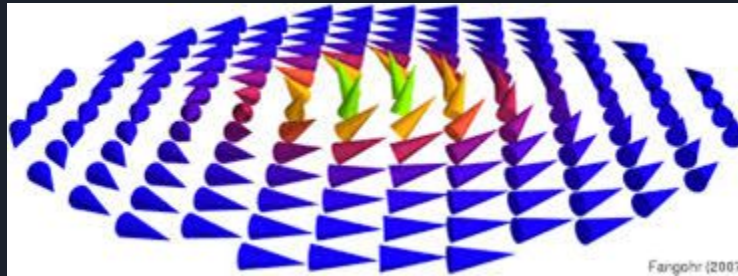


Fig 1. Estrutura do vórtice magnético, polaridade $p=+1$ (magnetização do núcleo apontando para cima)

Efeitos de temperatura em 1 disco

Com $T > 0$, o núcleo é deslocado em direções aleatórias. Buscando o equilíbrio, passa a precessionar em volta do centro ao mesmo tempo em que sofre tais deslocamentos.

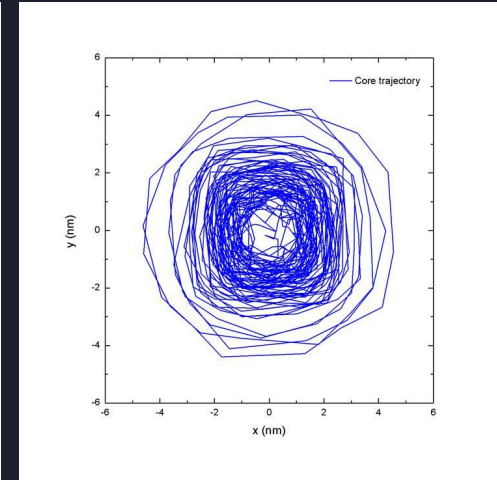
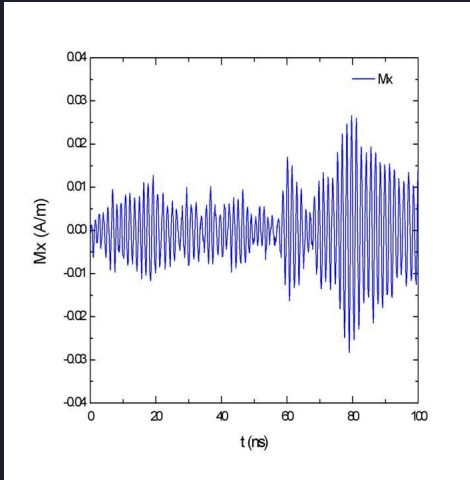


Fig 2. (a) Componente M_x do disco a $T = 300$ K. (b) Trajetória descrita pelo núcleo do vórtice a $T = 300$ K.

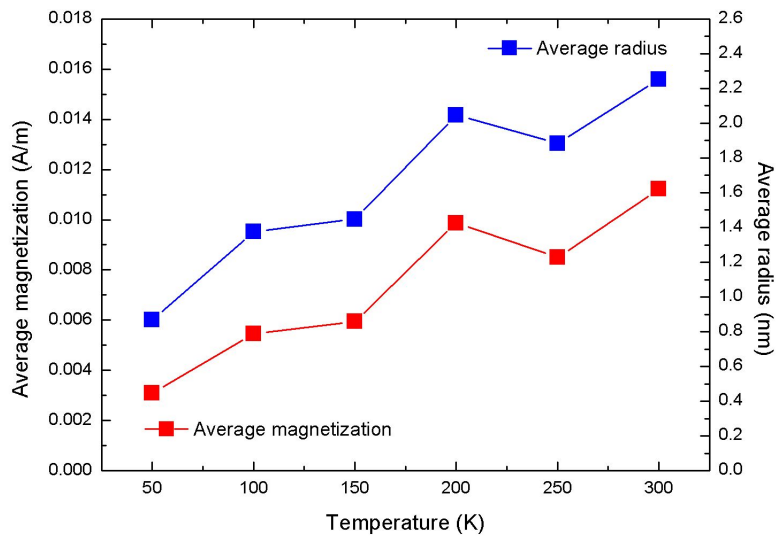


Fig 3. Variação do raio médio e da magnetização média com o aumento da temperatura do disco.

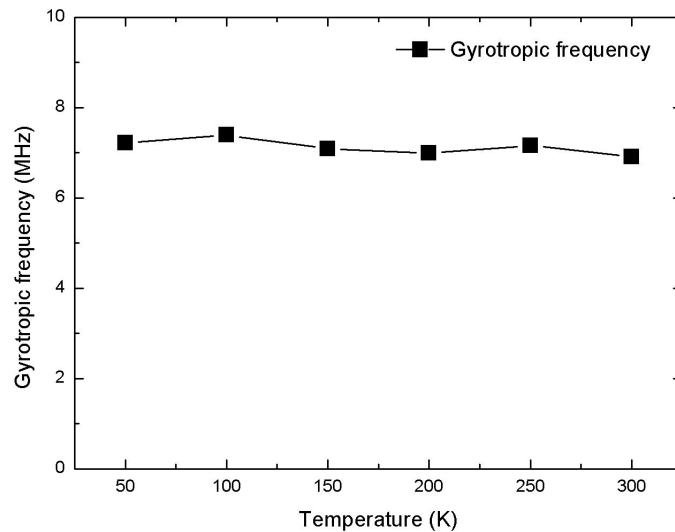


Fig 4. Variação da frequência girotrópica com o aumento da temperatura do disco.

Par de discos interagentes

O deslocamento do núcleo do vórtex do primeiro disco induz um momento magnético não nulo no segundo disco.

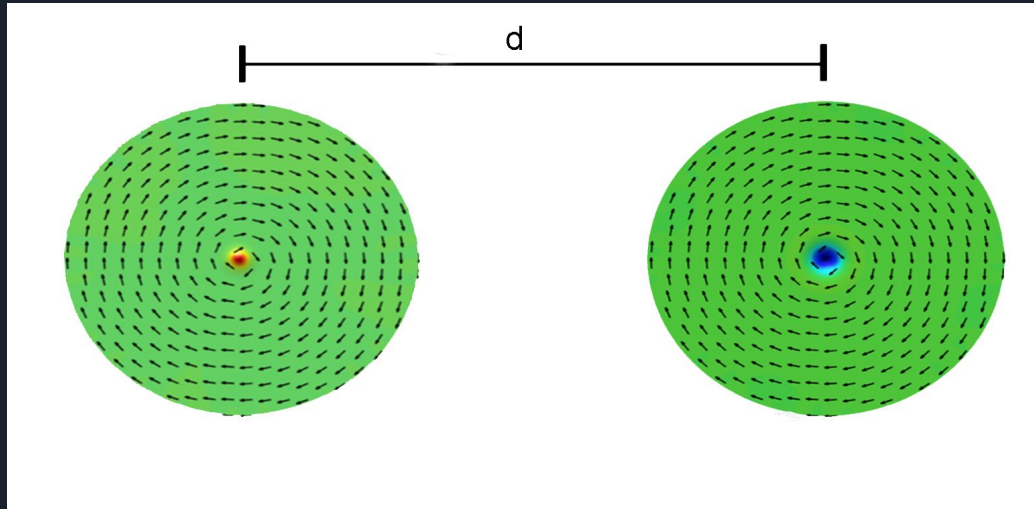


Fig 5. Par de nanodiscos com estrutura de vórtices separados por uma distância d .

A intensidade da interação depende da polaridade relativa $p = p_1 p_2$ entre os núcleos.

O acoplamento é mais intenso para distância menores e para $p = -1$.

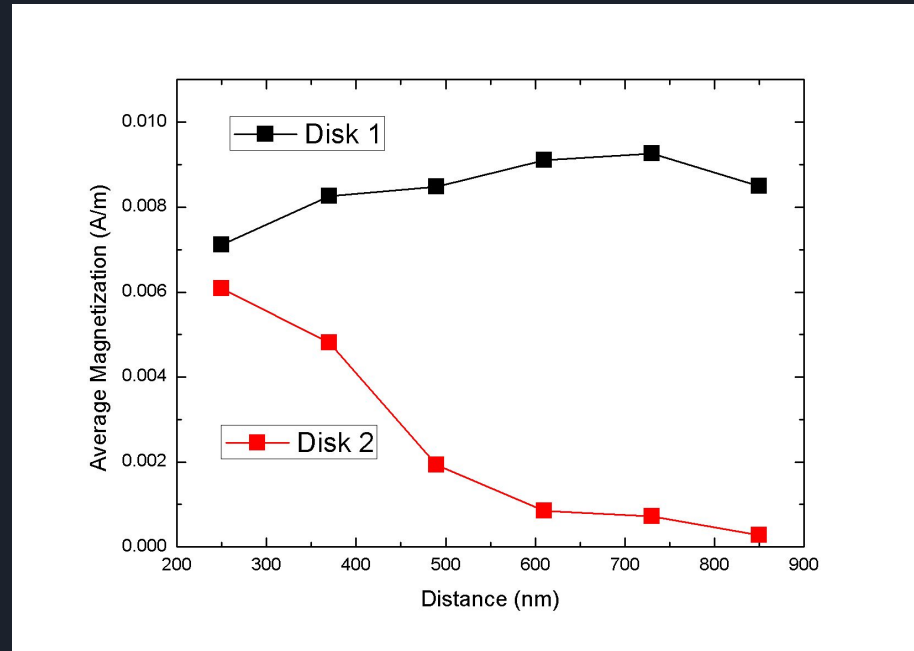


Fig 6. Magnetização média do disco 1 e do disco 2 para diferentes distâncias com $T_1 = 300$ K e $T_2 = 0$ K.

Efeito de um campo magnético girante sobre um disco com vórtice

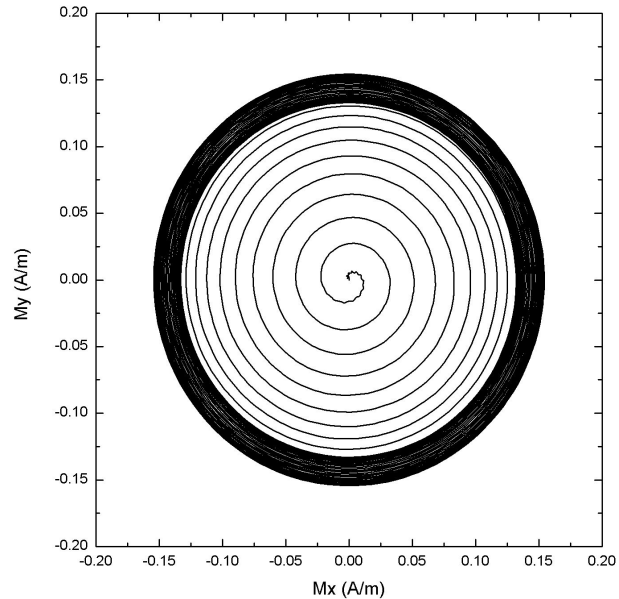


Fig 7. Trajetória do núcleo sob efeito de um campo girante de frequência 0,71G Hz e amplitude 0,4 mT.

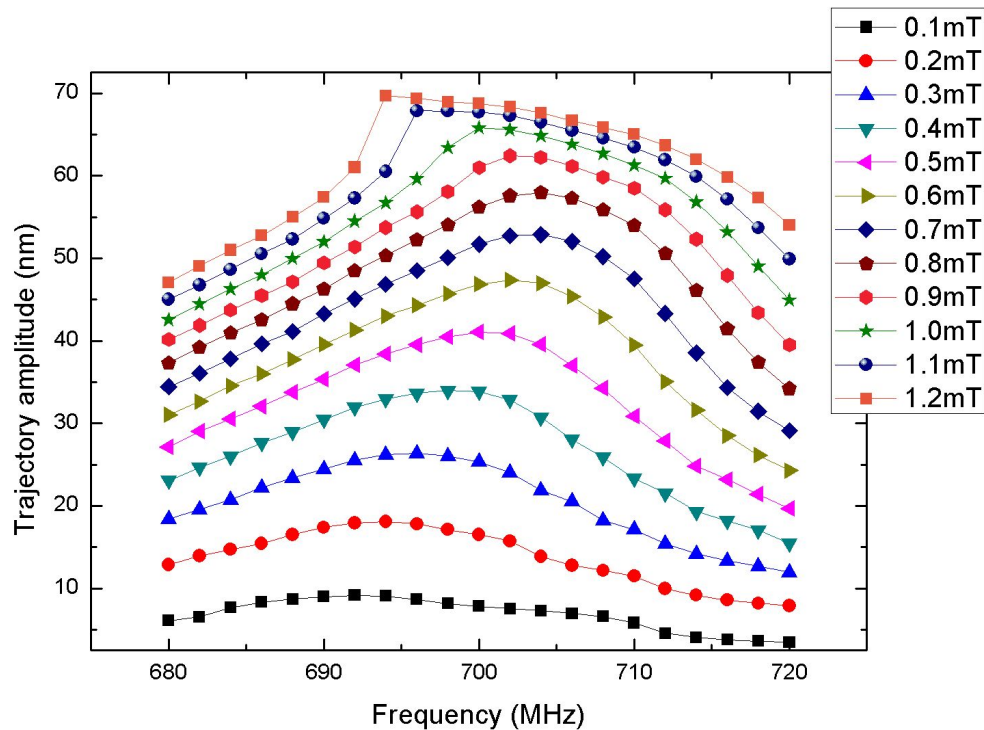


Fig 8. Amplitude média da trajetória do núcleo do disco sob efeito de um campo magnético girante. Indica caos.

Um valor maior de intensidade do campo causa a inversão do núcleo.

Quando a velocidade linear do núcleo atinge um valor crítico sua polaridade é invertida.



Indícios de comportamento caótico ao aplicar campos girantes de frequências variáveis.

Frequências crescentes e decrescentes (ida ou volta) produzem curvas de magnetização diferentes.

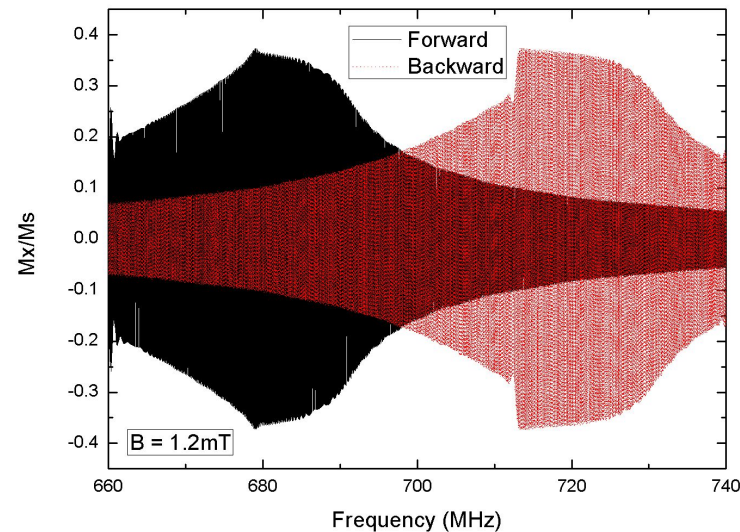
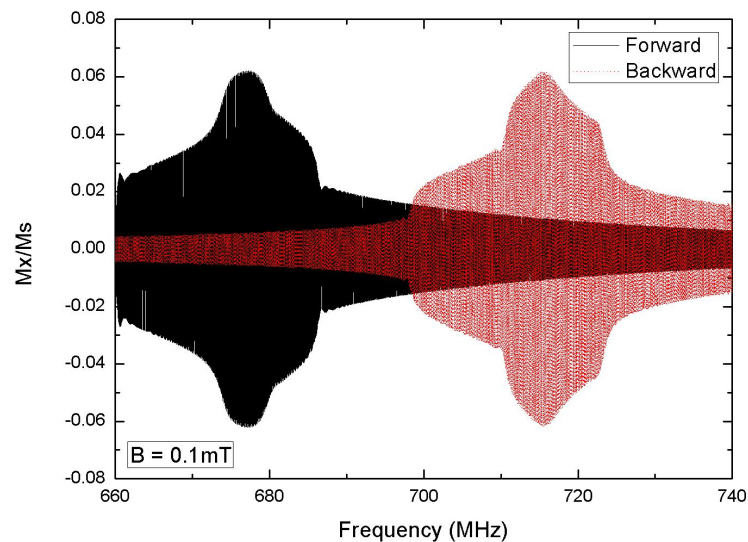


Fig 9. Campos de amplitude (a) 0,1 mT (b) 1,2 mT com frequência crescendo (preto) ou diminuindo (vermelho) em 35kHz/ns.



Conclusão

- Versatilidade nas aplicações em tecnologias: Vortex Random-access Memory (VRAM), portas lógicas, destruição de células do câncer.
- Frequência girotrópica se mantém estável variando a temperatura.
- Para $T > 0$, o núcleo do vórtice precessiona; mas até para $T = 300$ K seu afastamento do centro é pequeno.
- Respostas diferentes do vórtice para amplitudes e frequências diferentes do campo aplicado.
- Resultados são indicativo de caos, mas encontramos discrepância em relação à literatura.